

PAT-NO: JP402205760A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 02205760 A  
TITLE: MULTIPLE-WAVELENGTH X-RAY TOMOGRAPHY APPARATUS  
PUBN-DATE: August 15, 1990

INVENTOR-INFORMATION:  
NAME  
HIRANO, TATSUMI

ASSIGNEE-INFORMATION:  
NAME COUNTRY  
HITACHI LTD N/A

APPL-NO: JP01023883  
APPL-DATE: February 3, 1989

INT-CL (IPC): G01N023/04

US-CL-CURRENT: 378/21

ABSTRACT:

PURPOSE: To shorten a measuring time and to make it possible to measure a moving body to be inspected by arranging one or more spectroscopic elements on the light path of X rays which are transmitted through the body to be inspected, and measuring a tomogram images by the X rays having two or more wavelengths.

CONSTITUTION: Continuous X rays from an X-ray source 1 are transmitted through a body to be inspected 2. Of said X rays, only the X ray having the wavelength  $\lambda$  is reflected from a spectroscope 3. The transmitted image of the X ray is measured with an X-ray detector 4. Of the continuous X rays which have been transmitted through the

spectroscope 3, the X ray having the wavelength  $\lambda_2$  is reflected from a spectroscope 5. The transmitted image of the X ray is measured with an X-ray detector 6. The image of the continuous X rays other than the wavelengths  $\lambda_1$  and  $\lambda_2$  which have transmitted through the spectroscope 5 are measured with an X-ray detector 7. Each X-ray transmission image is stored in a computer 10 through a sequencer 9. The body to be inspected is turned with a supporting and rotating mechanism 8 or the body to be inspected based on the command from the computer 10. This operation is repeated until the turned angle of the body to be inspected becomes 180° or 360°. Reconstituting operation of the image is performed from the group of the obtained transmitted images. Thus, the tomogram image at each X-ray wavelength is displayed on an image display device 11.

COPYRIGHT: (C)1990,JPO&Japio

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平2-205760

⑤ Int.Cl.<sup>5</sup>  
G 01 N 23/04

識別記号 庁内整理番号  
7172-2G

⑬ 公開 平成2年(1990)8月15日

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全4頁)

⑭ 発明の名称 多重波長X線断層撮影装置

⑯ 特 願 平1-23883

⑰ 出 願 平1(1989)2月3日

⑱ 発 明 者 平 野 辰 己 茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内

⑲ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

⑳ 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外2名

明 細 書

1. 発明の名称

多重波長X線断層撮影装置

2. 特許請求の範囲

1. X線源と、走査機構を有する被検体支持台と被検体を透過したX線を検出する検出器と、この検出器で得られた透過量計測値を処理して被検体の断層像を得る処理装置とからなるX線断層撮影装置において、被検体を透過したX線の光路上に1個以上の分光素子を配列することにより、2波長以上のX線による断層像を同時に計測することを特徴とする多重波長X線断層撮影装置。

2. X線源と、走査機構を有する被検体支持台と被検体を透過したX線を検出する検出器と、この検出器で得られた透過量計測値を処理して被検体の断層像を得る処理装置とからなるX線断層撮影装置において、被検体を透過したX線の光路中に透過X線の分解能を変更する分解能変更手段を、1個以上設けることにより、被検体

の断層像を異なる分解能で同時に計測することを特徴とする多重波長X線断層撮影装置。

3. 特許請求の範囲第3項において、分解能変更手段に被検体を透過したX線を拡大あるいは縮小して反射する複数の非対称反射板で形成した多重波長X線断層撮影装置。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明はX線断層撮影装置に係り、特に被検体の断層像を、2種以上のX線波長でしかも任意の分解能で同時に計測するのに好適な多重波長X線断層撮影装置に関する。

〔従来の技術〕

X線断層撮影法は、現在では医療診断の有力な手法として、広く医療機関で用いられているが、近年本手法は工業材料の特定元素分布や微小欠陥の観察に応用されるなど、その広い技術的可能性が注目されている。このようなX線断層撮影装置において被検体内部の正確な密度・元素分布像計測や、位置分解能が高い断層像計測の試みがなさ

れている。元素分布計測には、単色X線を利用する必要があるが、シンクロトン放射光からの連続X線を結晶分光器により単色化し、それを光源とした断層像計測法については、Nucleau Instruments and Methods, 206 (1983年) 第541頁から第547頁において論じられている。一方高分解能な断層像計測装置は、特開昭61-256243号に記載のように、単色・平行な被検体の透過X線を、単結晶素子により拡大する手法となっていた。

〔発明が解決しようとする課題〕

上記従来技術は、被検体に照射するX線を単色とするために、異なるX線波長での断層像計測するには分光器を走査する必要がある。このため特定元素像を得るためには、元素吸端前後の相異なるX線波長による断層像間の差分を行なう必要があり、従来技術では同時測定が不可能であるため、*in situ*、での被検体の計測が困難であるという問題があった。一方特定X線波長での高分解能な断層像計測技術は波長走査による光学系の点

について配慮がされておらず、異なる波長毎に、拡大用の単結晶素子を透過X線に対し、数秒の精度で再調整する必要があるという問題があった。

本第1発明の目的は、相異なる2種類以上の任意波長での断層像を同時に計測することが可能なX線断層撮影装置を提供することにある。また本第2発明の目的は、被検体の断層像を相異なる任意波長で、任意の分解能で計測することが可能なX線断層撮影装置を提供することにある。

〔課題を解決するための手段〕

上記第1目的は、被検体に連続X線を照射し、透過した連続X線を、被検体と検出器間の光軸上に、1個以上配列した分光素子により分光し、各々のX線波長で同時に測定することにより達成される。第2の目的である、任意X線波長で、任意分解能での被検体の断層像を得るには、先に述べた分光素子に、非対称回折現象を利用したブラッグ反射（あるいはラウエ反射）によるX線光学素子を採用することにより達成される。

〔作用〕

上記手段に対するブラッグ反射による光学素子について以下に具体的に述べる。本第1発明において、被検体を透過した連続X線は一つの分光素子において入射角 $\theta_1$ に対応して $\lambda_1 = 2d \sin \theta_1$ （ $d$ ：結晶格子面間隔）の波長のX線のみが反射される。被検体に入射するX線が平行であれば、分光素子による反射X線像の空間分布は、被検体に波長 $\lambda_1$ の単色X線が入射した場合の透過X線像と同一になり、その波長での断層像計測が可能となる。この分光素子が他波長のX線に対し十分に薄いものであれば、波長 $\lambda_1$ と異なる波長のX線はこの分光素子の後方に透過する。この透過X線の光路とに入射角 $\theta_2$ となる次の分光素子を後置すると、 $\lambda_2 = 2d \sin \theta_2$ の波長のX線のみが反射され、同様にこの波長での断層像計測が可能となる。この時、入射角 $\theta$ の設定のみで任意のX線波長の断層像が得られる。以上、必要な個数の分光素子を透過X線の光路上に設けることにより、任意の2種以上の異なる波長での単色X線断層像の同時計測が可能である。

本第2発明における、光学系は該第1発明のそれと同じくする。被検体に入射するX線束が平行に近い場合、被検体と検出器間に設ける分光素子に非対称反射結晶板を分解能変更手段とし用いることができる。この分光素子におけるX線回折現象により特定波長の反射X線像を拡大あるいは縮小させることができ、相異なる任意波長で、任意の2種以上の異なる分解能での被検体の断層像を同時計測できる。

〔実施例〕

以下、本第1発明の一実施例を第1図により説明する。装置及び計測は以下の構成からなっている。X線源1から放射される連続X線を被検体2に照射する。被検体2を透過した連続X線は、初めに分光器3により波長 $\lambda_1$ のX線のみが選択的に反射され位置感応型のX線検出器4により、波長 $\lambda_1$ のX線透過像を計測する。分光器3を透過した連続X線は次に、波長 $\lambda_2$ のX線が分光器5により反射し、X線検出器6によりX線透過像を計測する。次に分光器5を透過した波長 $\lambda_1, \lambda_2$

以外の連続X線像を、X線検出器7により計測する。計測した各々のX線透過像は、シーケンサ9を経て、計算機10に格納される。その後計算機10からの指令で被検体支持・回転機構8により被検体を等角度間隔で回転し、再び被検体の波長 $\lambda_1, \lambda_2$ 及びそれ以外の連続X線透過像を計測する。この操作を被検体回転角度が $180^\circ$ あるいは $360^\circ$ になるまで繰り返す。得られた透過像群から像再構成演算処理をし、画像表示装置11に各X線波長での断層像を表示する。本実施例では、X線源1に連続X線源を用いその放射X線をソーラスリットにより十分に平行化した、また分光結晶にSi(400)を用いた。第1、第2分光器による分光波長は各々 $\lambda_1 = 0.37 \text{ \AA}$ ,  $\lambda_2 = 0.38 \text{ \AA}$ とし、各々でX線が十分に透過するように厚さ $0.5 \text{ mm}$ の板状のシリコン単結晶を用いた。ここで $\lambda_1, \lambda_2$ はヨウ素のK吸収端前後の波長である。そこでX線波長 $\lambda_1, \lambda_2$ による断層像の差分により被検体内部のヨウ素の分布像を得た。また検出器7による断層像と、差分により得

られた像を加算することで、被検体内部でヨウ素以外の分布像を得ることができた。本実施例によれば、波長 $\lambda_1, \lambda_2$ での断層像を同時に計測しているため、その差分処理では時間的遅れは発生せず、被検体内部でのヨウ素の動的な観察ができるという効果がある。本実施例においてX線源1を高輝度、高平行性という特徴を有するシンクロトロン放射光に置きかえてもよく、その場合に得られる断層像は、位置分解能が高く、短時間計測、高精度の元素分布計測が可能という効果がある。

本第1発明の他の実施例では、X線源1として銅陰極から電子衝撃によつて発生する、特性X線を用いた。第1、第2分光器により各々Cu-K $\alpha$ 線( $1.54 \text{ \AA}$ ), Cu-K $\beta$ 線( $1.39 \text{ \AA}$ )を分光するように設定した。この二波長はNiのK吸収端( $1.49 \text{ \AA}$ )の前後の波長であるため、この波長の断層像の差分により被検体内部のNi元素の分布像を得た。本実施例では、特性X線を利用するため、連続X線の強度は、特性X線比べ弱い。被検体の被爆量を低減できると共に、

散乱X線に起因するノイズを少なくできるという効果がある。

次に本第2発明一実施例を第2図により説明する。本実施例における装置構成及び計測法は、第1発明の一実施例と同様である。異なる点は、分光素子に非対称反射板を用いた点にある。反射板表面と格子面とが $\alpha$ の角度をなす非対称反射板(Si(220),  $\alpha = 6.2^\circ$ )に入射した連続X線の反射X線束巾( $\ell_2$ )は入射X線束巾( $\ell_1$ )に対し、

$$\ell_2 / \ell_1 = \sin(\theta\beta + \alpha) / \sin(\theta\beta - \alpha)$$

の比で拡大、分光される。ここで $\theta\beta$ は入射X線と非対称反射板の格子面との角度であり、分光波長 $\lambda$ に対し、 $\lambda = 2d \sin \theta\beta$ の条件を満たしている。本実施例において、第1非対称分光器3'で $\theta\beta$ を $9.3^\circ$ 、分光波長 $0.62 \text{ \AA}$ 、拡大率5倍に設定した。第2非対称分光器5'では、非対称分光器3'と同じ非対称反射板を用い、その場合、反射板に対する入射X線の方角を、非対称分光器3'と逆にし、分光波長が僅かに異なるX線に対

し拡大率1/5倍となるように設定した。この時、各々の反射X線像を高分解能X線用撮像管で計測した。X線検出器4で得られた断層像において、透過X線像を5倍に拡大しているため、高い分解能での被検体の断層計測が可能となった。本実施例では、ほぼ同一のX線波長による、被検体の断層像を異なる分解能で計測できるという効果がある。また本実施例では、被検体の大きさによつては、拡大した透過X線像がX線検出器4の視野を超える場合がある。その時X線検出器6で得られる縮小した透過X線像の計測を基に補間することで、X線検出器4による、像再構成が可能となる。これにより、被検体の注目部分を高い分解能で断層計測ができるという効果がある。

〔発明の効果〕

本第1発明によれば、相異なる2種類以上の波長の単色X線断層像を同時に計測できるので、分光器の走査が不要であり、動きのある被検体の測定が可能であり、また測定時間を短縮できるという効果がある。

本第2発明によれば、任意波長の被検体の透過X線像を拡大、縮小できるので、被検体の断層像を任意の分解能で同時に計測できるという効果がある。また被検体の大きさがX線検出器の視野を超える場合でも、被検体の透過X線像を拡大、縮小でき、その計測値を組み合わせることができるので、被検体の注目部分を高い分解能で計測できるという効果がある。

#### 4. 図面の簡単な説明

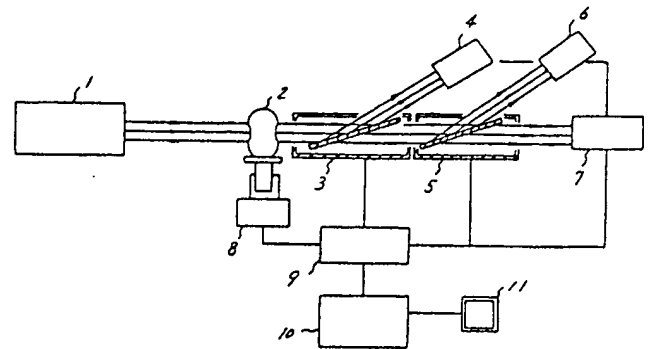
第1図は多重波長のX線による断層像を同時に計測するための第1発明の一実施例の側面図、第2図は異なる分解能による断層像を同時に計測するための第2発明の一実施例の側面図である。

1…X線源、2…被検体、3…分光器、3'…非対称分光器（拡大）、4…X線検出器、5…分光器、5'…非対称分光器（縮小）、6…X線検出器、7…X線検出器、8…被検体支持・回転機構、9…シーケンサ、10…計算機、11…画像表示装置。

代理人 弁理士 小川勝



第1図



第2図

